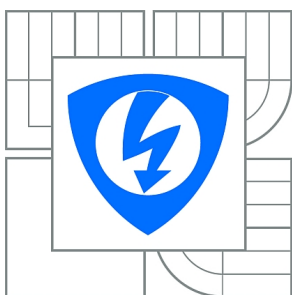




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

INTERAKTIVNÍ DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ GSM MODULU

INTERACTIVE REMOTE CONTROL WITH GSM MODUL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ PAVEL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PROKOPEC, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Tomáš Pavel

ID: 134581

Ročník: 3

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Interaktivní dálkové ovládání pomocí GSM modulu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte možnosti využití interaktivního dálkového ovládání pro inteligentní domácnost, zejména možnosti regulace vytápění, osvětlení a zabezpečení. Navrhněte koncept dálkového ovládání pomocí bezdrátového modulu, který bude podporovat obousměrnou komunikaci s možností potvrzení provedení příkazu a předávání informací na stranu uživatele. K definovanému konceptu připravte blokové a podrobné schéma zapojení, navrhněte desku plošných spojů, potřebné vývojové diagramy pro řízení domácnosti a řídicí jednotku.

Realizujte navržené zařízení, vytvořte potřebný software, experimentálně ověřte jeho funkčnost a napište podrobnou technickou zprávu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] BURKHARD, M. C pro mikrokontroléry. Praha: BEN - technická literatura, 2003.
- [2] FRÝZA, T., FEDRA, Z., ŠEBESTA, J. Mikroprocesorová technika. Počítačová cvičení. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2009.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení ovládajícího byt pomocí GSM modulu SIM900D. Obsahuje teoretické podklady pro realizaci zařízení. Vytvořené zařízení je schopné obousměrné komunikace s uživatelem. Zkonstruované zařízení reguluje vytápění, osvětlení a zabezpečení domácnosti. Dokument obsahuje popis funkce programu, který řídí zařízení. Výsledkem je návržení, výroba, osazení a otestování desek plošných spojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

GSM, AVR, Mikrokontrolér, ATmega128A, SIM900D, interaktivní ovládání, regulace

ABSTRACT

The Bachelor's thesis deals with the design of device that controls flat via GSM module SIM900D. The thesis includes theoretical basis for the realization of device. The realized device is capable of bidirectional communication with the user. Constructed device regulates heating, lighting and home security. The document describes the functions of the program that controls a device. Design, manufacture, assembly and testing of printed circuit boards is result of this thesis.

KEYWORDS

GSM, AVR, Microcontroller, ATmega128A, SIM900D, interactive control, regulation

PAVEL, T. *Interaktivní dálkové ovládání pomocí GSM modulu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 33 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Prokopec, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Interaktivní dálkové ovládání pomocí GSM modulu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Prokopcovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

OBSAH

Seznam obrázků	v
Seznam tabulek	vi
1 Úvod	1
2 Navrh Funkcí zařízení	2
2.1 Regulace vytápění	2
2.2 Regulace osvětlení	4
2.3 Zabezpečení	6
2.4 Informování uživatele	7
3 Části zařízení	8
3.1 Mikrokontrolér ATmega128A	8
3.2 GSM modul SIM900D	10
3.3 Obvod reálného času PCF8563P	12
3.4 Digitální teplotní čidlo DS18B20	12
3.5 Napájení	12
4 Realizace zařízení	14
4.1 Návrh desek plošných spojů	14
4.2 Popis hlavní DPS	14
4.3 Popis DPS obsluhující periferie	18
4.4 Popis programu	19
4.4.1 Hlavní program	20
4.4.2 Externí přerušení INT3	21
4.4.3 Externí přerušení INT4	22
4.5 Parametry zařízení	23
5 Závěr	24
Literatura	25
6 Seznam symbolů, veličin a zkratk	27
7 Seznam příloh	28

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1	Vývojový diagram začátku programu	2
Obr. 2.2	Vývojový diagram funkce regulace vytápění	3
Obr. 2.3	Relé v pozici rozepnutého a sepnutého kontaktu [4]	4
Obr. 2.4	NPN tranzistor v zapojení SE a příklad jeho kolektorové charakteristiky	5
Obr. 2.5	Vývojový diagram podprogramu obsluhy světel	6
Obr. 3.1	Blokové schéma připojených periférií k mikrokontroléru ATmega128A	8
Obr. 3.2	Sběrnice SPI pro jedno řídící (master) a tři podřízená (slave) zařízení [16]	10
Obr. 3.3	Blokové schéma napájení	13
Obr. 4.1	A) Připojení obou zdrojů B) Odpojení externího zdroje	16
Obr. 4.2	Přehled stavů GSM modulu detekovaných diodou LED1	17
Obr. 4.3	Vývojový diagram Hlavního programu	20
Obr. 4.4	Vývojový diagram obsluhy přerušení INT3	22
Obr. 4.5	Vývojový diagram obsluhy přerušení INT4	23
Obr. 7.1	Schéma zapojení hlavní, řídící desky	29
Obr. 7.2	Schéma zapojení desky obsluhující periferie	30
Obr. 7.3	A) Osazení horní strany DPS B) Osazení spodní strany DPS C) Výrobní maska	31
Obr. 7.4	A) Osazení horní strany DPS B) Osazení spodní strany DPS C) Výrobní maska	32
Obr. 7.5	Pohled na desku ovládající periferie	33
Obr. 7.6	Pohled na hlavní, řídící desku	33

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1	Počet osob v bytech podle používané energie vytápění k 1.3.2001 [13]	3
Tab. 3.1	Přehled vlastností mikrokontroléru ATmega128A [1]	8
Tab. 3.2	Přehled AT příkazů dle syntaxe [3]	11
Tab. 4.1	Přehled klíčových slov a reakcí zařízení na ně	22

1 ÚVOD

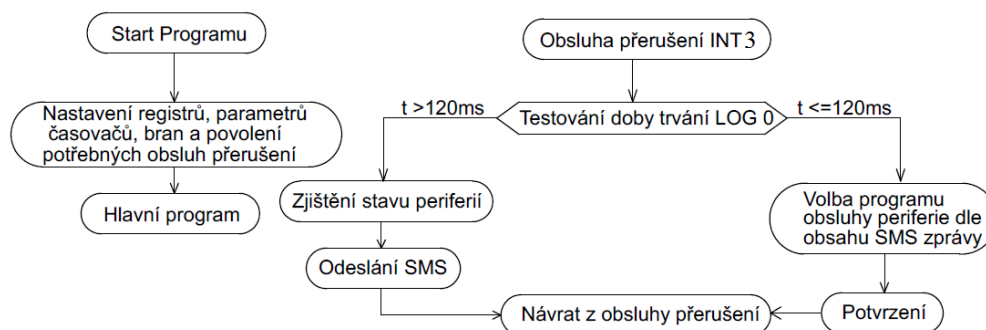
V průběhu let se v Evropě rozvíjely základní analogové buňkové mobilní sítě určené pro komunikaci s pohyblivými se uživateli. Každá z těchto sítí se rozvíjela v jiné zemi a užívala jinou technologii a protokoly. Toto zapříčinilo nekompatibilitu mezi zařízeními, která se pohybovala mezi těmito sítěmi. Proto se zde objevovaly snahy o sjednocení a standardizaci. V roce 1982 došlo ke vzniku standartu pro digitální buňkovou síť a založení Groupe Spécial Mobile committee v Paříži. V roce 1987 bylo v Kodani podepsáno memorandum o vytvoření jednotné buňkové telefonní sítě napříč celou Evropou. Jako první byla pro GSM vyčleněna frekvence 900 MHz. Se standardizací sítí a rozvojem docházelo k inovacím. Roku 1991 byl rozšířen standart GSM o frekvenci 1800MHz a rok poté byla odeslána první SMS zpráva a podepsána první roamingová smlouva. Masivní rozšíření datového přenosu nastalo roku 1995 v USA a byla pro něj vyčleněna frekvence 1900 MHz [19].

První komerční využití GPRS (General Packet Radio Services) se začalo využívat na přelomu tisíciletí. Necelé dva roky poté na frekvenci 800 MHz začala fungovat služba EDGE. EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) je vývojovým stupněm v technologii GSM po zavedení datových přenosů pomocí GPRS. EDGE umožňuje dosáhnout efektivního přenosu dat a vysoké spektrální účinnosti v tomto úzkopásmovém buňkovém systému pomocí modulace 8-PSK. 8-PSK dovoluje přenést tři informační bity pomocí jednoho symbolu na rádiové vrstvě. Naproti tomu modulace GMSK, která je použita u GSM/GPRS, dovoluje přenést pouze jeden informační bit na jeden symbol na rádiové vrstvě [19].

Cílem této práce je realizace interaktivního zařízení komunikujícího pomocí GSM modulu s uživatelem. Vycházet při realizaci zařízení se bude z informací získaných při teoretické přípravě v rámci semestrálního projektu. Zařízení je navrhováno pro domácnost, ve které ovládá vytápění, základní osvětlení a zabezpečení.

2 NAVRH FUNKCÍ ZAŘÍZENÍ

Po zapnutí zařízení se v programu mikrokontroléru provede nastavení registrů, parametrů časovačů, bran a povolení potřebných obsluh přerušení. Následuje funkce hlavního programu, která je vykovávána nekonečnou smyčkou reagující na vnější přerušení. V okamžiku příchozího hovoru nebo SMS se spustí část programu obsluhující externí přerušení 0 vyvolané modulem SIM900D. Zde se bude rozhodovat na základě obsahu SMS zprávy nebo příchozího hovoru jaká část programu bude dále prováděna [17] [18].



Obr. 2.1 Vývojový diagram začátku programu

2.1 Regulace vytápění

V praxi se užívá několik způsobů vytápění domácností. Místní vytápění, kdy je zdroj tepla umístěn přímo ve vytápěné místnosti. Centrální vytápění, kde je zdroj tepla umístěn ve vytápěné budově a centralizované nebo také dálkové vytápění, kdy je zdroj tepla vzdálen mimo vytápěný objekt. Často se jedná o teplárny nebo elektrárny, kde se využívá odpadní teplo z pohonu generátorů k ohřevu vody. Existuje nepřeberné množství paliv užívaných k vytápění. Mezi nejužívanější patří hnědé nebo černé uhlí, dřevo, elektřina a plyn. Z možných způsobů vytápění bylo vybráno centrální vytápění domácnosti za užití plynového kotle. Jedná se o velmi rozšířený způsob vytápění především rodinných domů. Vytápění dřevem nebo uhlím by bylo z hlediska realizace zařízení náročné, protože by se muselo zajišťovat také doplňování paliva.

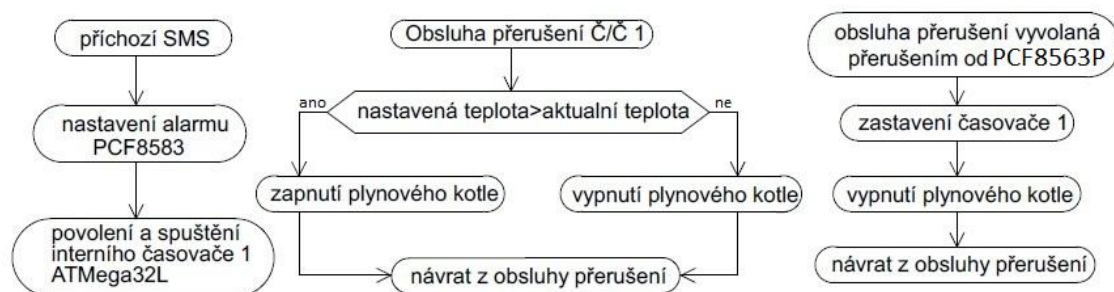
Tab. 2.1 Počet osob v bytech podle používané energie vytápění k 1.3.2001 [13]

Území	Osoby v obydlených bytech	z úhrnu v bytech s energií používanou k vytápění			
		uhlí	dřevo	elektřina	plyn
Česká republika	10 101 302	1 626 086	492 525	641 138	3 795 736
Praha	1 157 802	28 369	2 746	65 451	470 007
Střední Čechy	1 108 173	372 298	49 014	104 838	307 526
Jihozápad	1 162 414	279 709	110 498	78 826	307 371
Severozápad	1 101 435	163 880	31 730	59 570	289 156
Severovýchod	1 468 380	328 152	83 713	129 993	510 112
Jihovýchod	1 631 407	180 608	85 020	84 117	881 138
Střední Morava	1 218 946	133 038	88 559	75 086	588 527
Moravskoslezsko	1 252 745	140 032	41 245	43 257	441 899

Teoretická příprava

Z obsahu příchozí SMS zprávy bude zařízení schopno zjistit požadovanou teplotu a čas. Čas bude sloužit pro nastavení alarmu obvodu reálného času PCF8563P a teplota pro nastavení referenční hodnoty teplotního čidla DS18B20.

Pomocí sběrnice I²C se nastaví registr alarmu v obvodu PCF8563P. Tento obvod zajistí vyvolání externího přerušení v okamžiku, kdy se aktuální čas bude rovnat času nastaveného alarmu. Následně dojde ke spuštění Čítače/Časovače 1 implementovaného v mikrokontroléru ATmega128A. V programu obsluhy přerušení přetečení čítače/časovače 1 se bude vyhodnocovat podmínka teploty. Teplota získaná z obsahu SMS zprávy se porovná s hodnotou získanou z teplotního čidla DS18B20. Po vyhodnocení dojde k odeslání logické hodnoty na příslušný pin, podle toho zda má dojít k zapnutí nebo vypnutí kotle. Tato akce se bude opakovat do doby, než nastane externí přerušení od PCF8563P. V tomto okamžiku se zastaví čítač/časovač 1 a na příslušný bit se odešle hodnota logická 0, což způsobí vypnutí kotle [2] [6] [7].



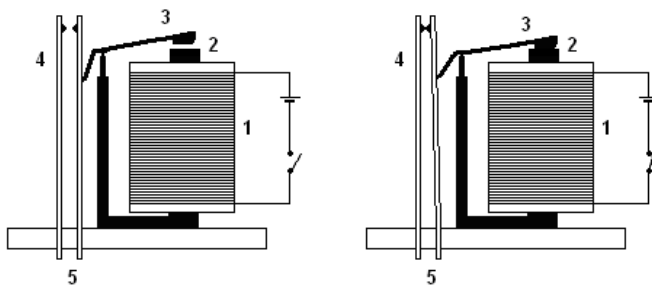
Obr. 2.2 Vývojový diagram funkce regulace vytápění

2.2 Regulace osvětlení

Napájecí napětí a proudová zatížitelnost výstupů mikrokontroléru ATmega128A neumožňují přímé ovládání osvětlení. Proto se používá několik způsobů jak spínat síťové napětí pomocí řídicích signálů z procesoru. Tyto řídicí signály mohou být relativně malé ve srovnání s napětími, které spínají. Zároveň musí být zaručeno dostatečné oddělení spínací a spínané části. V opačném případě by mohlo dojít k destrukci obvodů řídicí části. Jako oddělovací prvky slouží tranzistory, relé, optočleny, atd.

Relé

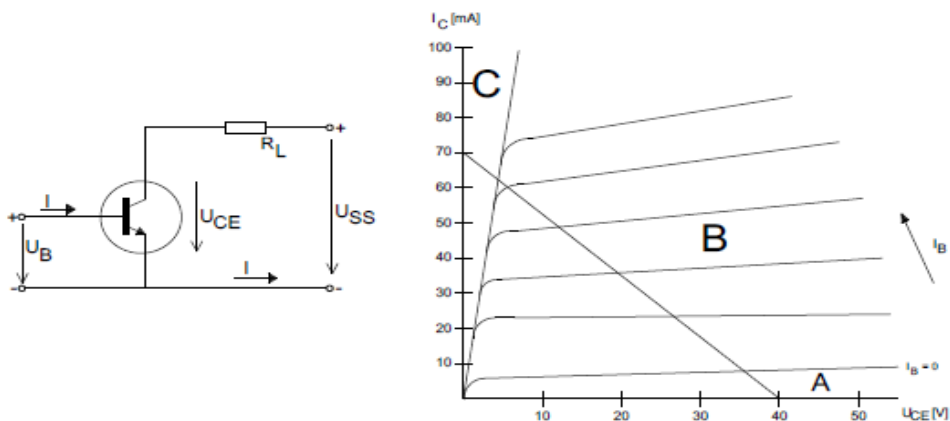
Spínací, rozpínací i přepínací relé využívají elektromagnetismu. V blízkosti elektromagnetu tvořeného cívkou a jádrem z magneticky měkké oceli je pohyblivá kotva, rovněž z magneticky měkké oceli. Kotva se dotýká pružných kontaktů, k nimž je připojen obvod ovládaného zařízení. Jakmile elektromagnetem začne procházet ovládací proud, jádro cívky se zmagnetizuje a přitáhne kotvu relé, čímž se sepnou pružné kontakty. Tím je ovládané zařízení uvedeno do chodu. Přitom k přitažení kotvy postačuje mnohem menší ovládací proud, než je proud, který je schopen procházet spínaným obvodem [9].



Obr. 2.3 Relé v pozici rozepnutého a sepnutého kontaktu [4]

Tranzistor

Tranzistor se jako spínač zapojuje nejčastěji se společným emitorem. Činnost takového zapojení je patrná z kolektorových charakteristik (Obr. 2.4.) Ze kterého je možné pozorovat tři pracovní oblasti. V oblasti nepropustného stavu (oblast A) propouští do zátěže tranzistor nepatrný proud. Tento proud je rovný zbytkovému proudu v závěrném směru přechodu PN. Proto se vzhledem k zátěži chová tranzistor jako vypnutý kontakt. V oblasti lineárního zesílení (oblast B) funguje tranzistor jako lineární zesilovač. Tranzistor fungující jako spínač však tuto oblast nevyužívá. V oblasti nasycení (oblast C) se tranzistor vzhledem k zátěži chová jako sepnutý kontakt. Použití tranzistoru obsahuje galvanickou vazbu mezi vstupem a výstupem, proto zde hrozí možnost průrazu při napěťových špičkách [12].



Obr. 2.4 NPN tranzistor v zapojení SE a příklad jeho kolektorové charakteristiky

Optron

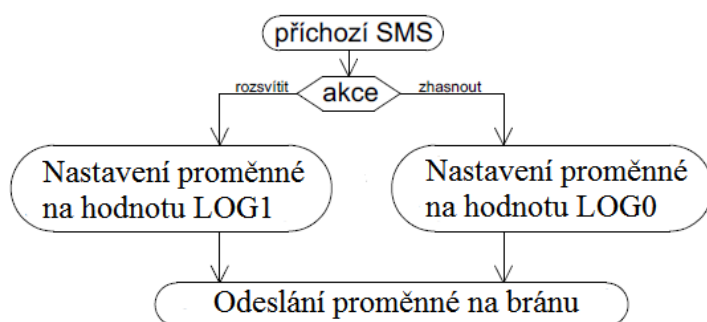
Označení optočlen nebo optron je používán pro elektronické součástky, v nichž je vazba mezi elektrickým vstupním a výstupním signálem zprostředkována světelným zářením-zpravidla v infračervené oblasti světelného spektra. Základem je tedy optronová dvojice, která je tvořena zdrojem světelného záření a detektorem optického záření. Zdrojem záření bývá nejčastěji infračervená luminiscenční dioda LED. Detektorem záření jsou většinou fototranzistory, ale mohou to být i jiné prvky jako fotodiody, fototryistor nebo fototranzistor. Vše záleží na užití optočlenu [11].

Zdroj optického záření generuje světelný signál závislý na velikosti vstupního signálu. Toto záření je detekováno detektorem záření, převedeno zpět na elektrický signál a předáno na výstup navazujícího elektrického obvodu. Z toho vyplývá elektricky izolované prostředí mezi zdrojem a detektorem- není zde galvanická vazba [11].

Existují dva typy operonů lišící se použitím. Analogové optrony jsou užity pro galvanické oddělení analogových obvodů. Vyznačují se lineární závislostí výstupního signálu na vstupním. Na rozdíl od oddělovacích transformátorů mohou oddělovat střídavé i stejnosměrné obvody. Optrony užívané pro aplikace v logických obvodech jsou určeny pro přenos dvou úrovní signálů, a proto je jejich realizace jednodušší než u lineárních optronů. Mezi nejdůležitější parametry patří CTP (přenosový poměr), U_{IORM} (izolační napětí vstup-výstup, neboli maximální možné napětí přivedené na svorky optočlenu, které nezpůsobí průraz), T_{ON}/T_{OFF} (doba sepnutí/rozepnutí) C_{IO} (kapacita optronu a T_{AMB} (rozsah provozních teplot) [11].

Teoretická příprava

Zařízení bude schopno na základě instrukcí ovládat 2 světelné zdroje, ať už se jedná o celé místnosti nebo jednotlivé zdroje. Z obsahu příchozí SMS zprávy se zjistí, zda je požadováno rozsvícení nebo zhasnutí světel. Tím se určí, jaká logická hodnota se bude ukládat v proměnné, dle které se bude řídit rozsvěcení/zhasínání světel. Jako spínací členy mohou být užity optrony, triaky nebo tranzistory a další členy, které spínají síťové napětí přiváděné ke zdrojům světla. Přivedení logické hodnoty 1 dojde k sepnutí členu a tedy i k rozsvícení světla.



Obr. 2.5 Vývojový diagram podprogramu obsluhy světel

2.3 Zabezpečení

Každý chce zabezpečit svůj majetek před krádeží. Nejlepší je mít majetek stále pod dohledem, ale nikdo z nás nemůže být stále doma. Proto vzniká potřeba jiného způsobu zabezpečení. K dispozici je několik možností. Základem je mechanické zabezpečení spočívající ve stavění zábran do cesty pro případného zloděje. Tady nacházejí své uplatnění folie na skla, bezpečnostní zárubně, vyztužené dveře, speciální zámkové vložky a další věci patřící do kategorie tzv. plášt'ové ochrany objektu. Dalším možným druhem zabezpečení je elektronické [14].

Mozkem zabezpečovacího systému je centrální řídicí jednotka. K této jednotce jsou připojeny nejenom senzory ale také rozhraní komunikující s uživatelem nebo rozhraní upozorňující na narušení bezpečnosti (siréna). Senzory mohou být s řídicí jednotkou propojeny jak vodičem tak bezdrátově. Každé řešení má ale své problémy. Kabel lze přerušit, signál přenášený vzduchem odrušit, proto je třeba zvážit kdy použít jaký způsob propojení. Nejdůležitější je zajistit fungování systému i při výpadku proudu. Toto se nejlépe provede záložním zdrojem nepřetržitého napětí neboli UPS. Vzhledem k tomu že všechny informace jsou uchovávány v řídicí jednotce, je nejideálnější získávat informace přímo z této jednotky [14].

Existuje velké množství typů senzorů. Senzory pohybu, které detekují pohyb, jsou dnes velmi snadno dostupné. Disponují dalšími vlastnostmi jako možnost zpoždění detekce (např. opuštění prostoru před zamčením). Infračervená čidla reagující na teplotu a mají mimo detekce teploty lidského těla možnost zaznamenat i vzniklý požár, o kterém je systém schopen ihned informovat jak majitele objektu, tak hasiče a předejít tak velkým materiálovým ztrátám. Další jejich užitečnou vlastností je rozeznání tepelné

stopy zvířete, takovýto senzor poté nespustí, detekuje-li domácího mazlíčka. Detekce rozbití okna se provádí pomocí snímačů otřesu nebo pomocí akustického senzoru, který je schopen rozlišit zvuk rozbíjejícího skla [14].

Teoretická příprava

Zařízení bude schopno detekovat přerušení smyčky, která bude indikovat otevření dveří či oken. Nebo bude možné na tento pin připojit senzor pohybu, který bude aktivní pohyb v místnosti detekovat změnou logické hodnoty, na kterou bude Mikrokontrolér reagovat.

V případě příchozí SMS zprávy požadující spuštění zabezpečení započne jednoduchá funkce, která bude detekovat pokles na příslušném pinu. Pokles napětí bude znamenat přerušení smyčky. V okamžiku otevření okna nebo dveří se přeruší kontakt nainstalovaný mezi rámem a oknem nebo dveřmi a tím dojde k přerušení smyčky.

2.4 Informování uživatele

V dnešní době je samozřejmostí interakce mezi uživatelem a zařízením. Zejména schopnost zařízení informovat o svém stavu a stavu svých periférií, aby mohl uživatel reagovat na nenadálé situace. Informování uživatele nastane ve třech případech a to na základě žádosti uživatele, informování ukončení činnosti nebo nastalou chybou v periférii či samotném zařízení

Žádost od uživatele je vyvolána příchozím hovorem. Po vyhodnocení výstupu GSM modulu RI, se vykoná funkce, která zjistí stav všech periférií a tyto informace poté odešle na telefonní číslo uložené v tabulce jako poslední příchozí [3].

V případě vzniku chyby na zařízení nebo periférii se uskuteční odeslání předem definované SMS zprávy obsahující informaci o jaký druh chyby se jedná. Telefonní číslo, které se bude informovat, bude poslední telefonní číslo, které provedlo platný přístup k zařízení [3].

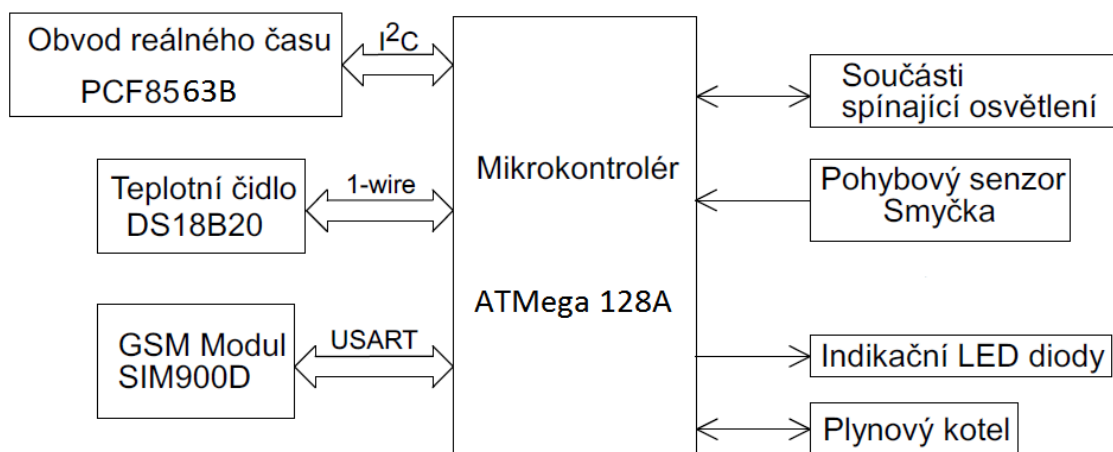
3 ČÁSTI ZAŘÍZENÍ

3.1 Mikrokontrolér ATmega128A

Řídící částí celého zařízení je mikrokontrolér ATmega128A. Jedná se o osmibitové zařízení od společnosti Atmel. Mikrokontrolér obsahuje několik součástí. Níže budou popsány pouze části užité při návrhu tohoto zařízení [1].

Tab. 3.1 Přehled vlastností mikrokontroléru ATmega128A [1]

- 32 registrů délky 8 bitů
- osm 8 bitových vstupně/výstupních portů
- programová paměť Flash kapacity 128KB
- datová paměť SRAM kapacity 4KB
- datová paměť EPROM s kapacitou 4 KB
- dva 8bitové čítače/časovače, dva 16bitové čítače/časovače s lepšími parametry
- šest PWM kanálů
- analogový komparátor, 10bitový A/D převodník
- jednotky USART, SPI, TWI (podporující I²C)
- zabudovaný RC oscilátor



Obr. 3.1 Blokové schéma připojených periférií k mikrokontroléru ATmega128A

USART

Mikrokontrolér ATmega128A má k dispozici rozhraní USART(Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter), které zajišťuje sériovou komunikaci mezi mikrokontrolerem a dalším zařízením. Jedná se o plně duplexní přenos jak v synchronním tak v asynchronním režimu. Parametry umožňují nastavení od 5 do 9 datových bitů a 1 až 2 stop bity. Umožňují také nastavení přenosové rychlosti, která musí být shodná s přenosovou rychlostí zařízení, se kterým mikrokontrolér komunikuje. Přenosová rychlost se udává v Bd „baudech“, tedy počet bitů za sekundu. Tato hodnota se však neshoduje s počtem přenesených datových bitů za sekundu, protože se zde navíc přenáší START a STOP bit [2].

Komunikace mezi zařízeními probíhá po jednom vodiči a účastní se jej i signálová zem. Vysílací strana je označena jako TxD (transmit data) a přijímací strana RxD (receive data). Každé zařízení, které tedy má komunikovat obousměrně, má samostatný vysílač a přijímač [2].

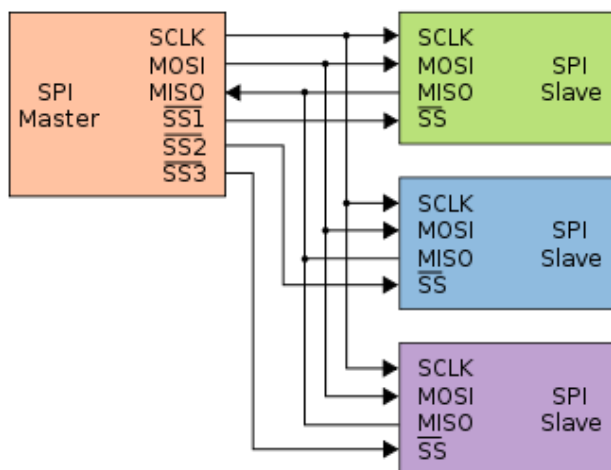
I²C

Mikrokontrolér disponuje rozhraním sériové komunikace, které umožňuje připojení několika zařízení. Výhodou oproti rozhraní USART je možnost připojení více zařízení. Ke komunikaci se používají dva vodiče SDA (Synchronous Data) po kterém se přenášejí data a adresa zařízení a SCL (Synchronous Clock) po kterém se přenáší synchronizační signál. Komunikace probíhá vždy mezi jedním zařízením označovaném jako MASTER a ostatními zařízeními označovanými jako SLAVE [1] [2].

V klidovém stavu je pomocí pull-up rezistorů udržována hodnota logické jedničky na obou vodičích. Každé zařízení má svoji adresu. Pokud si MASTER přeje inicializovat přenos dat, vyšle nejprve adresu zařízení, které hodlá oslovit. Všechna zařízení poslouchají. Pouze zařízení, které poznalo svou adresu, potvrdí její přijetí pomocí signálu ACK. Součástí adresy je také informace jakým směrem bude probíhat přenos dat [2].

SPI

Rozhraní SPI je dalším typem sériového rozhraní užívaného pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a periferiemi. Komunikace je realizována pomocí společné sběrnice, na kterou jsou napojena všechna zařízení. Na rozdíl od rozhraní I2C užívá SPI k adresaci zařízení speciální vodiče označované SS, jejichž zapojení je patrné z obrázku Obr. 3.2 V okamžiku navázání spojení začne zařízení MASTER generovat hodinový signál na vodiči SCLK. Samotný datový přenos se realizuje na vodičích MOSI a MISO. Vodič MISO (Master In, Slave Out) slouží pro komunikaci směřující ze zařízení MASTER do zařízení SLAVE. Vodič MOSI (Master In, Slave Out) slouží pro komunikaci v opačném pořadí. Vyslaná data mohou mít délku 8 bitů nebo 16 bitů [2].



Obr. 3.2 Sběrnice SPI pro jedno řídící (master) a tři podřízená (slave) zařízení [16]

3.2 GSM modul SIM900D

Pro komunikaci zařízení s uživatelem je zvolen GSM modul SIM900D od firmy SIMCOM. Tento modul pracuje na frekvencích 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz a 1900 MHz. Zařízení bude provozováno na území ČR, kde se využívají pásma 900 MHz a 1800 MHz. Modul zajišťuje komunikaci zařízení a uživatele, a to pomocí SMS zpráv a přichozích hovorů. Implementovaný protokol TCP/IP umožňuje také zasílání dat na webové servery. S tímto druhem komunikace se ale při návrhu tohoto zařízení nepočítá [3].

Přichozí komunikace je indikována výstupem RI. V klidovém stavu je na výstupu RI udržováno 3,3 V, což odpovídá hodnotě logické 1. Mohou nastat dvě možnosti události. Přichozí hovor a přichozí SMS. V případě přichozí SMS zprávy dojde k poklesu napětí, a tedy nastavení logické 0, na výstupu na dobu 120ms. V případě přichozího hovoru dojde také k poklesu napětí na výstupu, ale návrat na hodnotu logické 1 může být vyvolán pouze příkazem ATH nebo ukončením hovoru ze strany volajícího. Výstup RI je připojen ke vstupu mikrokontroléru vyvolávajícímu externí přerušení 0 [3].

Modul obsahuje vývody pro obsluhu velkého množství periférií postačujících pro obsluhu jednoduchého mobilního telefonu. Pro toto zařízení budou použity vývody odsluhující SIM kartu, anténní vývody, USART a RI připojené k mikrokontroléru, NETLIGHT připojený k indikační LED diodě a PWRKEY spínaný tranzistorem, který řídí mikrokontrolér za účelem zapínání modulu. PWRKEY je interně nastaven na logickou 1 a spuštění modulu způsobí pokles tohoto napětí na malý okamžik. Modul mimo jiné obsahuje obvody pro nabíjení Li-Ion baterií. Proto bude obstarávat i nabíjení akumulátoru napájejícího zařízení v okamžiku kdy bude zařízení připojené na externí zdroj napájení [3].

GSM

GSM (Globální systém pro mobilní komunikaci) je nejrozšířenější standart používaný pro komunikaci po celém světě. GSM je konstruován jako buňková síť digitálních vysílačů, přičemž zařízení připojené k této síti vždy komunikuje s nejvýhodnějším vysílačem. Systém užívá čtyři frekvenční pásma. Pásma 900 MHz a 1800 MHz jsou používána v Evropě a Asii a pásma 850 MHz a 1900 MHz jsou používána převážně v Americe. Subscriber Identity Module známá spíše jako SIM karta se užívá k jednoznačnému identifikování uživatele v této síti [4].

AT příkazy

Příkazy AT (známé jako Hayes command set) jsou příkazy užívané pro ovládání telekomunikačních zařízení. Tato sada příkazů se užívá pro elektronickou realizaci operací, které se provádějí manuálními ovládacími prvky telefonu, například odmítnutí a přijetí hovoru, mazání, čtení a odesílání SMS, informace o stavu baterie nebo práce se seznamem kontaktů. Příkazy jsou schopny dávat instrukce i běžným pevným telefonům a dalším podobným zařízením. Různé typy zařízení podporují různé sady příkazů. Některé nemusí být kompatibilní. Vzhledem k tomu, že neexistuje standardní výčet příkazů je nutné při jejich používání vycházet z dokumentace určené pro dané zařízení [4].

Sada příkazů, které používá modulu SIM900D je vyvinutá přímo společností SIMCOM. Jedná se o kombinaci sad GSM07.05, GSM07.07, ITU-T a AT příkazů. Syntaxe příkazů je definována úvodním znakem "AT" a ukončovacím znakem "<CR>". Komunikace probíhá způsobem reakce. Na každý příkaz existuje patřičná odezva, jejíž syntaxe určena zahajovacími znaky "<CR><LF>" a ukončovacími znaky "<CR><LF>". Podrobný popis všech příkazů pro SIM900D se nachází v dokumentu „SIM900_ATC_V1.00“ dostupném na webové adrese výrobce [4] [24].

Tab. 3.2 Přehled AT příkazů dle syntaxe [3]

Typ	Syntaxe	Parametry
Základní	"AT<x><n>" nebo "AT&<x><n>"	<x> je příkazem, <n> je argumentem
Parametrová	"ATS<n>=<m>"	<n> je index registru S, <m> je hodnota nastavovaná do S, neuvedená znamená nastavení S do výchozí hodnoty
Rozšířená	Pro každý příkaz nebo skupinu příkazů je definován formát	

3.3 Obvod reálného času PCF8563P

Pro některé funkce zařízení je třeba měření času. Tohoto by se dalo docílit i interními časovači mikrokontroléru. Těmi se ovšem nedá docílit požadované přesnosti a rozsahu měření jaký bude zapotřebí. Z těchto důvodů bude využit obvod reálného času (RTC) PCF8563P. Důvody užití tohoto RTC jsou schopnost nastavení času, data, interního časovače a především alarmu. RTC má také malý provozní proud dosahující maximálních špiček 800 μA . s možností připojení externí baterie zaručí uchování informace i po vybití akumulátoru napájecího zařízení po odpojení externího napájení.

Důležitým prvkem pro správnou funkci je krystal s frekvencí 32,768 kHz připojený na odpovídající vývody OSCI a OSCO. Vstupy Vss a Vdd jsou určeny pro napájení obvodu. Piny SDA a SCL jsou určeny pro I²C komunikaci a jsou připojeny k mikrokontroléru a k pull-up rezistorům [1] [6].

Pomocí mikrokontroléru se po sběrnici I²C nastavují registry obvodu RTC potřebné pro funkci alarmu. Tato funkce následně porovnává aktuální hodnotu s hodnotou nastavenou jako okamžik aktivace alarmu. Událost aktivace alarmu je indikována nastavením logické hodnoty 0 na výstupu $\overline{\text{INT}}$. Výhodou je možnost usnutí mikrokontroléru, který se neúčastní vyhodnocování aktivace alarmu a z toho vyplývající snížená spotřeba zařízení [6].

3.4 Digitální teplotní čidlo DS18B20

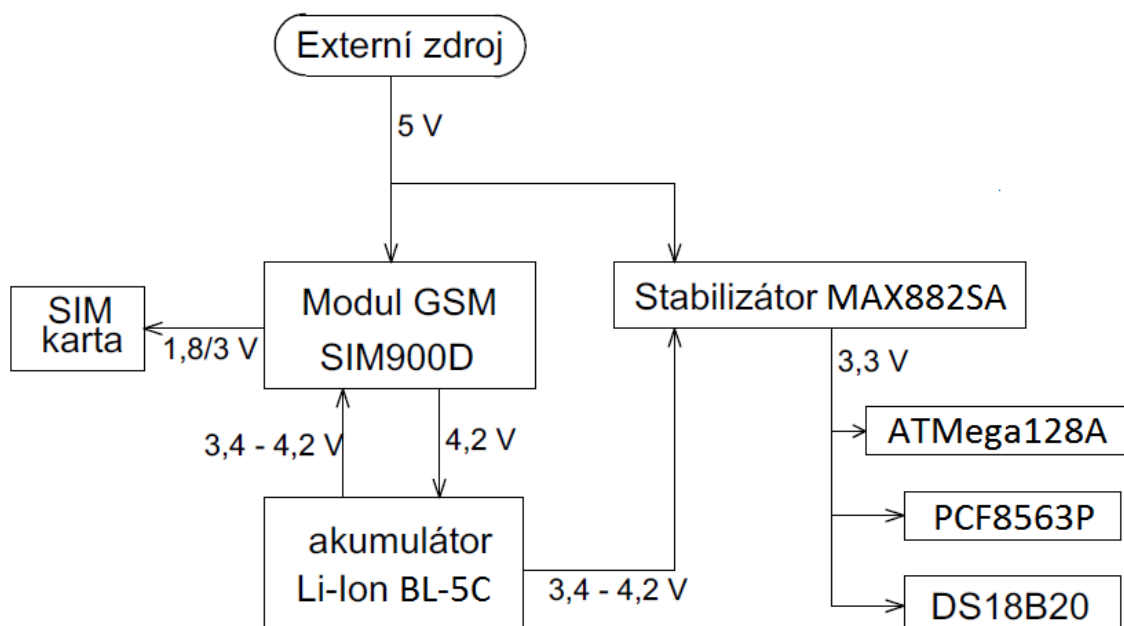
Pro funkci regulace teploty je zapotřebí zjišťovat aktuální hodnotu teploty místnosti. Proto bylo třeba do zařízení přidat teplotní čidlo. Pro komunikaci s mikrokontrolerem se nejčastěji užívají analogová nebo digitální čidla. Analogová čidla musí být připojena na A/D převodník, protože musí být úroveň analogového signálu získávaná z čidla převedena na číselnou hodnotu, kterou by bylo možné dále zpracovávat mikrokontrolerem. Pro toto zařízení bylo zvoleno digitální teplotní čidlo DS18B20 od firmy DALLAS SEMICONDUCTOR. Toto čidlo je schopno na žádost mikrokontroléru odeslat informaci o aktuální teplotě. Každé čidlo má unikátní 64 bitový sériový kód, který umožňuje fungování i více čidel na jednovodičové sběrnici. S napájecím napětím od 3 V do 5,5 V a teplotním rozsahem -55°C až 125°C a přesností 0,5°C je pro toto zařízení vyhovující [1] [7].

3.5 Napájení

Protože bude nutné uchovat zařízení v činnosti i po nenadálém výpadku napájení z externího zdroje, byl pro napájení celého zařízení zvolen sekundární zdroj Li-Ion akumulátor NOKIA BL-5F. Jmenovité napětí tohoto akumulátoru je 3,7 V. Nabíjení akumulátoru je zprostředkováno obvody vestavěnými v modulu GSM. Modul také obstará napájení SIM karty. Největším problémem bylo vyřešení velké proudové náročnosti GSM modulu, vyžadující krátkodobý proud 2 A. Proudová špička může způsobit pokles napájecího napětí. Pokles napájecího napětí pod hodnotu 3,4 V způsobí

restartování modulu. Výrobce doporučuje před modul připojit tantalový kondenzátor s malým vnitřním odporem o velikosti 100 μF [1] [6] [7] [8].

Napájení procesoru ATmega128A, teplotního čidla a obvodu reálného času zajišťuje LDO stabilizátor MAX882SA, který stabilizuje napájecí napětí na hodnotu 3,3 V s proudovým zatížením 200 mA. Vstupní napětí stabilizátoru MAX882SA je získáváno ze dvou zdrojů. Primárním je externí zdroj, sekundárním Li-Ion akumulátor. Přepínání mezi jednotlivými zdroji je zajištěno pomocí diod. Bude-li zařízení napájeno z externího zdroje, zamezí dioda průchodu proudu do akumulátoru. Po odpojení externího zdroje zajistí druhá dioda zamezení průchodu proudu akumulátoru na napájecí vstup modulu SIM900D a externího zdroje [15].



Obr. 3.3 Blokové schéma napájení

4 REALIZACE ZAŘÍZENÍ

4.1 Návrh desek plošných spojů

Při vývoji každého zařízení se nejprve provede teoretický rozbor požadavků na zařízení, které musí zařízení splňovat. Provede se rozbor problému a navrhne se schéma zapojení. Při sestavování schématu zapojení se vychází z DATASHEET jednotlivých součástek užitých v obvodu. Dalším krokem je užití simulačního programu, např. PSpice. V simulačním programu se testuje funkce zařízení a zjišťují jednotlivé parametry. Na základě simulace lze provést potřebné úpravy před započítáním realizace konstrukce zařízení. Tímto krokem lze ušetřit náklady na vývoj. Dříve se tento krok vynechal nebo vyžadoval složité výpočty a obsáhlou znalost teorie součástek. Po provedení simulace se přechází k samotné výrobě prototypu zařízení. Na tomto prototypu se provede detailní proměření všech parametrů zařízení. Provést by se měl i test elektromagnetické kompatibility, který je nutný pro udělení certifikace o elektromagnetické kompatibilitě. Tento certifikát je nutný pro uvedení zařízení na trh. Pokud prototyp vyhovuje všem parametrům, může se přejít k hromadné výrobě, která sníží výrobní cenu.

V rámci této práce byla sestavena schémata a navrhnuty desky plošných spojů. Při kompletování schémat bylo užito DATASHEET jednotlivých součástek a teoretických poznatků získaných během přípravy podkladů pro tuto práci. Při návrhu desek plošných spojů byl použit software EAGLE od společnosti CadSoft Computer.

Vzhledem k tomu že obsluhované periferie pracují s daleko většími proudy a napětími než samotné navrhované zařízení bylo rozhodnuto o realizaci dvou samostatných, jednovrstvých desek plošných spojů. Na hlavní desce jsou umístěny řídicí a pomocné části zařízení. Na druhé desce jsou umístěny prvky obsluhující spínání a detekci periferií. Vzájemné propojení obou desek je realizováno pinovou řadou s dutinovou lištou.

4.2 Popis hlavní DPS

Na této desce je prováděno zapojení řídicí části zařízení. Dominantními prvky jsou GSM Modul SIM900D od společnosti SIMCOM a mikrokontrolér ATMega128A od společnosti Atmel. Nacházejí se zde teplotní čidlo DS18B20, obvod reálného času PCF8563P a LDO stabilizátor MAX884.

Mikrokontrolér

Hlavním prvkem je mikrokontrolér ATmega128A. Tento mikrokontrolér byl zvolen na základě několika parametrů. V začátku návrhu nebyla známa velikost programu, který bude uložen v paměti. Z tohoto důvodu bylo nutno zvolit velikost paměti dostatečně velikou, aby nebylo nutné v průběhu měnit typ mikrokontroléru. Kapacita 128kB je více než dostačující. Dalším parametrem byla volba verze. Voleno bylo mezi verzemi 128, 128A a 128L. ATmega128 vyžaduje napájecí napětí 4,5 V až 5,5 V, proto je při napájecím napětí 3,3 V nepoužitelný. ATmega128A a ATmega128L mají napájecí rozsahy od 2,7 V do 5,5 V. Hlavním rozdílem mezi nimi je ale maximální možná taktovací frekvence. Při stejném rozsahu napájení je verze 128A schopna taktování v rozsahu 0-16 MHz zatímco verze 128L může být taktována v rozsahu 0-8 MHz. Pro taktování je použit externí oscilátor s frekvencí 7,3728 MHz. Hodnota byla zvolena záměrně pro potřeby komunikačního rozhraní USART, které tak není zatíženo chybou při dělení frekvence procesoru. Obě verze tedy spadají do rozsahu taktovací frekvence. Verze 128A byla upřednostněna vzhledem k pořizovací ceně, která byla oproti verzi 128L téměř dvojnásobná [1].

GSM Modul SIM900D

Komunikaci zařízení se sítí GSM realizuje GSM modul SIM900D. Volba tohoto modulu závisela nejenom na parametrickém rozhodování, ale také na předchozí osobní zkušenosti s verzí SIM900. Verze SIM900D umožňuje téměř totožné funkce jako SIM900, ale obsahuje některá rozšíření. Pro účely tohoto zařízení je nejpodstatnějším rozšířením integrovaný obvod zabezpečující nabíjení připojené externí baterie v případě přivedení stabilizovaného napětí 5 V na vstup VCHG. Modul je uzpůsoben pro připojení všech periférií potřebných, aby mohl sloužit jako samostatná mobilní stanice v síti GSM. Pro účely zařízení je však použito rozhraní UART, obvod napájení baterie, anténní výstup a několik signalizačních výstupů [3].

NOKIA BL-C

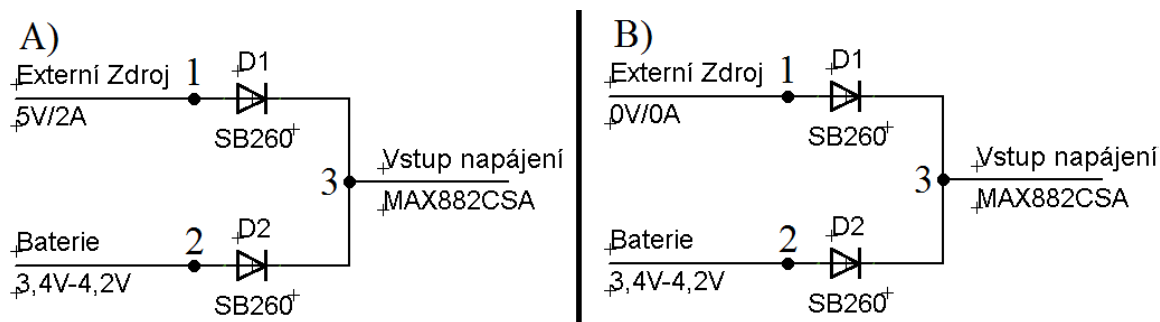
Na pin BATTERYPIN je připojena externí Li-Ion baterie NOKIA BL-5C, která primárně zajišťuje napájení GSM modulu SIM900D. Baterie o jmenovitém napětí 3,7 V a kapacitě 950 mAh. Splňuje požadavky výrobce GSM modulu, který stanovil maximální kapacitu na 1100 mAh [3] [8].

Napájení

Napájení mikrokontroléru ATmega128A, teplotního čidla a obvodu reálného zajišťuje LDO stabilizátor MAX882CSA. Výstupem stabilizátoru je stejnosměrné napětí 3,3 V a maximální odebíraný proud je roven 200 mA. Tento stabilizátor byl zvolen z důvodu nízkého poklesu napětí při proudové zátěži. V případě odběru maximálního možného proudu deklaruje výrobce pokles napětí maximálně o 640 mV. Ve většině případů však pokles napětí nepřekročí 320 mV. Vstupní napětí stabilizátoru je získáváno ze dvou zdrojů. Primárním je externí zdroj poskytující 5 V stejnosměrného napětí s maximálním odběrem proudu 2 A. Sekundárním je již zmíněná Li-Ion baterie, která slouží jako zdroj v případě absence primárního zdroje [15].

Přepínání napět'ových zdrojů

Přepínání mezi zdroji je zajištěno diodami D1 a D2. Využívá se při tom vlastností diody, která umožňuje průtok proudu směrem od anody ke katodě po překročení prahového napětí. V opačném směru je proud veden po překročení průrazného napětí, které je několikanásobně větší než prahové napětí. Překročení průrazného napětí často znamená destrukci diody. Prahové napětí užitých Schottkyho diod je rovno 0,7 V a maximální nedestruktivní proud 2 A.



Obr. 4.1 A) Připojení obou zdrojů

B) Odpojení externího zdroje

Principiální postup přepínání mezi napájecími zdroji:

Při přepínání se vychází z toho, že připojený externí zdroj napájení má stejnosměrné napětí 5 V a napětí baterie nepřesahuje napětí 4,2 V.

1. Napětí v bodě jedna je rovno 5 V. Napětí je v bodě 2 rovno 4,2 V. Napětí v bodě 3 je rovno 0 V.
2. Polarizace obou diod v propustném směru.
3. Nárůst napětí v bodě 3 do hodnoty 5 V.
4. 4,2 V v bodě 3 způsobí závěrné polarizování diody D2. Stabilizátor je tak napájen z primárního zdroje. Nedochází k vybíjení baterie.
5. Odpojení externího zdroje způsobí pokles napětí v bodě 1 na 0 V.
6. 0V v bodě 1 způsobuje pokles napětí na 4,2 V v bodě 3.
7. Pokles napětí pod 4,2 V v bodě 3 způsobí propustné polarizování na diodě D2 a zároveň závěrné polarizování na diodě D1.
8. Uzavřená dioda D1 zabrání přivedení napětí z baterie na vstup VCHG modulu GSM.
9. Zařízení je napájeno z baterie.

Nastavení ochrany baterie

Li-Iontová baterie je ohrožena možností vybití pod bezpečnou 2.5 V úroveň deklarovanou výrobcem. Pokud by tento stav trval delší dobu, hrozí baterii zničení. Pro tento případ bylo tedy nutné zajistit odpojení baterie. Pokud poklesne napětí pod 3,4 V, dochází k automatickému vypnutí GSM modulu, proto byla tato hodnota určena jako minimální hodnota napětí na kterou se může baterie vybit. Odpojení ostatních částí zařízení od baterie je zajištěno LDO stabilizátorem MAX882SA. Odporový dělič tvořený odpory R6 a R7 zajistí při vstupním napětí 3,4 V na stabilizátoru hodnotu 1,2 V na jeho vstupu \overline{STBY} . Napětí menší než 1,2 V na vstupu \overline{STBY} způsobí vypnutí stabilizátoru a tedy i všech prvků, které napájí. Velikosti odporů je nutné vypočítat ze vzorce 4.1. Zapojení odporů je patrné ve schématu zapojení, které je v Příloze 1.

$$V_{\overline{STBY}TRIG} = V_{\overline{STBY}} * \frac{R_6 + R_7}{R_7}, V_{\overline{STBY}} = 1,20 V \quad (4.1) [8] [15]$$

Pomocné aktivní a pasivní součásti

Kondenzátory C7 a C8 slouží ke stabilizaci napětí, které napájí integrované obvody. Kondenzátor C9 zajišťuje vyhlazování průběhu signálu způsobeného přepínáním mezi jednotlivými zdroji napájení.

Zapnutí GSM modulu SIM900D je zajištěno mikrokontrolérem, který pomocí MOS-FET tranzistoru spojuje pin POWERKEY se zemí. Krátkodobý pokles napětí na POWERKEY, který je interně nastaven do logické 1 způsobí zapnutí GSM modulu.

Led diody LED1 a LED2 slouží jako indikátory. LED2 mají funkci indikátorů. LED1 informuje o stavu připojení GSM do sítě, kde různá frekvence blikání indikuje 4 stavy. LED 2 slouží pro detekci příchozí SMS nebo hovoru[3] [17].

Stav:	Funkce SIM900D
Off	SIM900D není aktivní
64ms On/ 800ms Off	SIM900D nenalezl síť
64ms On/ 3000ms Off	SIM900D našel síť
64ms On/ 300ms Off	GPRS komunikace

Obr. 4.2 Přehled stavů GSM modulu detekovaných diodou LED1

4.3 Popis DPS obsluhující periferie

Deska plošných spojů obsluhující periferie je dimenzována na větší proudy než deska hlavní. Důvodem je větší proudový odběr spínaných periférií. Desku lze rozdělit do dvou částí. První částí je signálová, která provádí přenos signálů mezi mikrokontrolérem na hlavní desce a spínacími nebo detekčními prvky. Druhou část tvoří zapojení vedoucí spínané síťové napětí.

Triaky TIC216M

Hlavní funkcí desky je ovládání tří zařízení pomocí spínání fázového vodiče, který k nim vede. Jedná se o dva světelné zdroje a jeden plynový kotel. Spínání je zajištěno zapojením triaků TIC216M řízených optotriaky IS621T. Toto zapojení umožňuje relativně malými signály spínat síťové napětí. Původně měly být použity triaky TIC216D schopné spínat 400V. Místo nich byly použity cenově levnější, ale kvalitnější triaky TIC216M schopné spínat 600 V do maximálního proudu 6 A. Přestože se neočekává maximální proudové zatížení, jsou k těmto triakům podle doporučení výrobce přidány chladiče [23].

Optotriaky IS623

Triaky jsou spínány optotriaky IS623. Tyto optotriaky slouží nejenom jako spínací člen, ale plní i funkci metalického oddělení spínané fázové části od řídicích signálů. Elektrická izolace mezi vstupem a výstupem je výrobcem deklarována na 7500 V střídavých při frekvenci 60 Hz a trvání 1s. Zařízení je schopné spínat 625 V při RMS proudu 100 mA. Tento typ optotriaku je vybaven „Obvodem pro spínání v nule“. Optotriak bez tohoto integrovaného obvodu by se uzavřel v okamžiku průchodu střídavého proudu nulou, zatímco zvolený optotriak je stále otevřen, pokud je na bráně GATE přítomen řídicí signál [22].

Zpětná vazba spínaných periférií

Zařízení má být schopno zpětné vazby. Z tohoto důvodu bylo nutné detekovat stav ovládaných periférií. Plynový kotel od společnosti BAXI, pro který bylo toto zařízení navrhováno, indikuje poruchu změnou logické hodnoty na jednom ze 4 vstupních vodičů. Proto je detekování poruchy kotle jednoznačně identifikovatelné pomocí testování logických úrovní přivedených na mikrokontrolér. Kotel je vybaven ochranou signálového vodiče, proto již není nutná další ochrana na navrhovaném zařízení.

Další periférií je smyčka zabezpečení. Ta je navržena tak, že její způsobí pokles napětí na sledovaném vstupu mikrokontroléru. Maximální délka smyčky, se vypočítá ze vzorce 4.2.:

$$l = \frac{\Delta U}{2 * R_K * I} \quad [\text{Km, V, } \Omega/\text{Km, A}] \quad (4.2)$$

,kde ΔU je rozdíl mezi napájecím napětím mikrokontroléru a napětím požadovaným pro vyhodnocení logické jedničky na sledovaném vstupu mikrokontroléru, I je proud dodávaný do smyčky. Výstup mikrokontroléru je schopen dodat maximálně 40 mA a R_K je parametr vedení udávající odpor vodiče délky 1 Km.

Poslední spínanou periferií, jejíž stav je nutné zjišťovat, jsou světelné zdroje. Za tímto účelem jsou do obvodu spínání světel připojeny dvojce antiparalelně zapojených diod. Toto zapojení umožňuje průchod kladné i záporné půlvlny síťového napětí a zároveň nezpůsobuje příliš velké zkreslení. Při detekci se využívá přítomného úbytku napětí, je-li světelný zdroj funkční. V případě poruchy je úbytek na diodách nulový. Tohoto využívají optočleny KB814, které přes ochranný odpor detekují úbytek napětí na již zmíněných diodách. KB814 je na vstupu vybaven antiparalelně zapojenými diodami, proto není nutné usměrňování vstupního napětí a proudu [21].

Detekce průchodu síťového napětí nulou

Na DPS se nachází část s odpory R4, R8, diodami D13, D14 kondenzátorem C1 a optočlenem OK6 (CNY17-3). CNY17-3 je na vstupu vybaven diodou. Propouští tedy půlvlnu ze síťového napětí. Tohoto lze využít při detekování průchodu síťového napětí nulou. Detailní schéma zapojení je situováno v příloze [20].

Proudová zatížitelnost a ochrana DPS

Šíře cest silové části byla zvolena dle maximální proudové zatížitelnosti. Pro 2 mm širokou cestu, tloušťky 35 μm a oteplení maximálně o 10°C je maximální proudové zatížení 4,9 A. Dva světelné zdroje do maximálního výkonu 100 W mají maximální proudový odběr 0,43 A každý. Maximální proudový odběr plynového kotle je 3A ve špičce při zapínání. Sečteme-li maximální hodnoty proudů odebíraných testovacími zařízeními, získáme hodnotu 4 A. Tato hodnota je o celý 1 A nižší než je dimenzováno zařízení.

Pokud nastane situace vyvolávající prudký nárůst proudu vstupujícího do zařízení mohlo by dojít k překročení hodnoty 5 A. To by znamenalo možnou destrukci zařízení. Z tohoto důvodu je na vstupní svorku síťového napětí připojena patice s tavnou pojistkou jmenovité hodnoty 5 A.

4.4 Popis programu

Program nutný pro správnou funkci zařízení je uložen ve flash paměti mikrokontroléru ATmega128A. Užití paměti EEPROM, která je schopna uchovat nastavení hodnot proměnných i po odpojení napájení nebylo nutné. V případě výpadku proudu totiž nejsou ovládaná zařízení napájena a není nutné je spínat nebo detekovat. Uživatel je pouze informován o výpadku proudu a poté je zařízením zajišťována pouze detekce přerušení bezpečnostní smyčky, pokud je to žádoucí. Uživatel také získá informaci několik okamžiků před vypnutím zařízení z důvodu nízkého napětí interní baterie. Program je rozdělen do několika částí. Hlavní program, programy obsluh přerušení INT3 a INT4 [1].

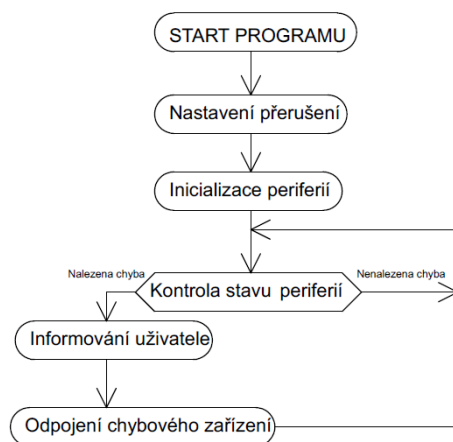
4.4.1 Hlavní program

Po zapnutí zařízení jsou provedena potřebná nastavení registrů potřebných pro správnou funkci programu. Jedná se o registry DDRC a DDRD, které nastavuje na bráně C a D piny jako vstupní nebo výstupní. V registrech EICRA a EICRB je vhodnou volbou hodnot bitů ISCX1 a ISCX0 nastaveno jakým způsobem bude dané přerušení vyvolané, kde za X je dosazeno číselné označení přerušení INT. Zvoleno bylo vyvolání příslušného podprogramu obsluhujícího přerušení při výskytu logické 0 na příslušných vývodech mikrokontroléru. Rovněž jsou v registru EIMSK povolena externí přerušení INT3 a INT4. Následně je inicializován komunikační kanál UART a obvod reálného času PCF8563P. RTC obvod je ihned nastaven a spuštěn [1] [18].

```
DDRC |= 0b00011100; //nastavení vstup/výstup pinů na PORTC
DDRD |= (0<<DDD2); //nastavení vstup/výstup pinů na PORTC
EICRA |= (0<<ISC31)|(0<<ISC30);
EICRB |= (0<<ISC41)|(0<<ISC40);
// 10 sestupná hrana, 11 vzestupná hrana, 00 log.0
EIMSK |= (1<<INT4)|(1<<INT3); //povolení přerušení INT3 a INT4
uart_init(); // inicializace UART
pcf8563_init(); // inicializace PCF8563P
set_timer(1); // nastavení časovače pcf8563
sei(); // globální povolení přerušení
```

Po potřebném nastavení se program úmyslně dostává do nekonečné smyčky, ve které pomocí podmínek zjišťují stavy připojených periférií. O výskytu signálu indikujícím chybu je uživatel ihned informován. Zároveň je zajištěno odpojení zařízení, na kterém se vyskytla chyba, od napájení. Příklad vyhodnocení je popsán na úseku zdrojového kódu níže.

```
if(bit_is_set(PORTC,PC3) && bit_is_clear(PORTC,PC1))
// podmínka zjišťující sepnutí zařízení a zároveň výskyt chyby
{
    uart_puts("\nPorucha svetelneho zdroje 1.");
    // odeslání informace uživateli
    PORTC &= (0 << PC3); // odpojení zařízení
}
```



Obr. 4.3 Vývojový diagram Hlavního programu

4.4.2 Externí přerušení INT3

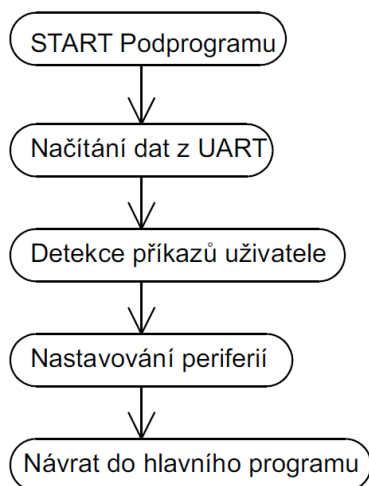
Hlavní program nekonečné smyčky je přerušen dvěma externími přerušeními. Prvním z nich je přerušení INT3. Toto přerušení je vyvoláno uživatelem v okamžiku pokusu o komunikaci se zařízením. Způsobuje, že nekonečná smyčka hlavního programu je přerušena a program čeká na data přicházející po rozhraní UART. Podprogram lze rozdělit do dvou částí. Čtení příchozí informace a provádění úkolů uvedených v informaci.

Po spuštění podprogramu se postupně přicházející znaky ukládají do bufferu. Velikost bufferu je nastavena na 160 znaků. Takový je maximální počet znaků jedné SMS zprávy. Ukončení přenosu je indikováno příchodem znaku tečka. Viz. Úsek zdrojového kódu níže [4].

```
memset(&buffer[0],0,sizeof(buffer));  
//slouží k naplnění bufferu nulami  
  
a=0;  
while(znak=uart_getc())    //cyklus zajišťující řazení znaků do bufferu  
{  
    if(znak=='.') {break;} //podmínka ukončující čtení při příchodu tečky  
    else  
    {  
        buffer[a]=znak;    // zapsání znaku do bufferu na pozici a  
        a++;               // inkrementace ukazatele pozice  
    }  
}
```

Po ukončení čtení je nutné zjistit informace, které byly zařízení předané. K tomu je určena druhá část podprogramu obsluhy přerušení. Zde je podmínkami porovnáván obsah bufferu s předdefinovanými klíčovými slovy. Program porovnává postupně obsah bufferu s každým slovem uloženým v tabulce příkazy. V okamžiku shody se provede nastavení periférií specifikované instrukcemi v právě splněné podmínce. K regulování plynového kotle je nutné znát teplotu a dobu, po kterou má být teplota udržována. Proto za zjištěným klíčovým slovem následuje potřebný číselný údaj. Zjištění hodnoty teploty a hodnoty času je prováděno téměř totožným postupem:

1. Rozpoznání klíčového slova.
2. Získání ukazatele na začátek klíčového slova.
3. Posun ukazatele o délku klíčového slova a mezery, tvořené podtržítkem.
4. Převod formátu char na int.
5. Úprava velikosti hodnoty dle rozsahu.
6. Uložení teploty do teplotního čidla DS18B20 nebo uložení času do proměnné počítadlo.



Obr. 4.4 Vývojový diagram obsluhy přerušení INT3

Tab. 4.1 Přehled klíčových slov a reakcí zařízení na ně

Klíčové slovo:	Reakce zařízení:
svetlo1_zap	Sepnutí prvního světelného zdroje
svetlo1_vyp	Rozepnutí prvního světelného zdroje
svetlo2_zap	Sepnutí druhého světelného zdroje
svetlo2_vyp	Rozepnutí druhého světelného zdroje
secure1_zap	Zapnutí detekce přerušení smyčky
secure1_vyp	Vypnutí detekce přerušení smyčky
temp	Nastavení teploty na čidle DS18B20
cas	Nastavení počtu minutových cyklů, po které bude udržována teplota

4.4.3 Externí přerušení INT4

Druhým možným přerušením hlavního programu je externí přerušení INT4. Toto přerušení zajišťuje funkci regulování vytápění. Pracuje na základě získané teploty a času nastavuje spínání plynového kotle. Uživatelem zadaná hodnota času je číslo udávající kolik minut bude udržována teplota. Časování je zajištěno obvodem PCF8563P, ten je nastaven jako zdroj logické nuly na vstupu externího přerušení INT4 v intervalu 60 s. Tímto zapojením je zjednodušený výpočet doby udržování teploty. Při každém vyvolání přerušení stačí jednoduše dekrementovat proměnnou `pocitadlo`, kde je uložen počet minut vytápění. Rozhodnutí o sepnutí plynového kotle dle teploty se provádí detekcí nastaveného alarmu od teplotního čidla DS18B20. Čidlo porovnává aktuální hodnotu s hodnotou uloženou ve své paměti. Nárůst teploty prostředí přes nastavenou hodnotu teploty je indikován čidlem, které po dotazu odpoví, že nastala událost alarmu s příznakem. Příznaky alarmu mají informační charakter a informují o tom, zda byla překročena horní nebo spodní nastavená hodnota. Pro účely tohoto zařízení je užíváný přesah horní teplotní hranice indikovaný změnou příznaku alarmu z 0 na 1 [6] [7].



Obr. 4.5 Vývojový diagram obsluhy přerušení INT4

Součástí programu jsou i knihovny PFC8563P, DS18B20, twi_lib a uart. Tyto knihovny byly vytvořeny v průběhu příprav semestrálního projektu. Obsahují funkce zjednodušující práci s těmito periferiemi. Procesy nastavování registrů jsou vloženy do funkcí, které je možné volat z hlavního programu. Výhodou užití knihoven je možnost užití již vytvořené knihovny při návrhu jiného zařízení, kde je užita součástka, pro kterou je knihovna určena.

4.5 Parametry zařízení

Zkonstruované zařízení je umístěno do hliníkové krabice o rozměrech 75 x 120 x 45 mm. Desky jsou situovány nad sebou. Mezi deskami je umístěna Li-Ionová baterie připevněná na spodní straně DPS. Napájecí vývod a vypínač, který přerušuje napájení od baterie a umožňuje tak úplné vypnutí zařízení je situován v přední části panelu. Anténa GSM modulu je vyvedena v zadní části zařízení.

Zařízení je provozuschopné i po odpojení externího napájení. Doba, po kterou je zařízení aktivní se liší dle aktivity mikrokontroléru a modulu GSM. Tímto je dána doba provozu v rozmezí 8 – 12 hodin [8].

Parametry připojovaných zařízení jsou proudově omezeny. Celkový součet proudu dodávaný spínaným zařízením nesmí přesáhnout 5 A. Současně je tedy možné připojit světelné zdroje o maximální příkon 100 W.

Maximální měřený rozsah teplot je od -55 °C do 125 °C s nastavenou citlivostí 0,5°C [7].

Maximální doba nastavení udržování vytápění je dána velikostí proměnné pocitadlo. Tato proměnná je formátu int, který je definována jako 32bitové celé číslo v dvojkovém doplňkovém kódu. Jeho rozsah je -2147483648 až +2147483648. Očekávaná doba bude zadávána v kladném rozsahu. Avšak program detekuje první 3 znaky po klíčovém slově. Z tohoto je patrná maximální zadaná hodnota 999 minut. To se rovná přibližně 16,65 hodin.

5 ZÁVĚR

Výsledkem práce je realizované zařízení a program vycházející z předchozího návrhu založeném na teoretických podkladech zpracovaných v semestrálním projektu. Zařízení je schopné na požádání uživatele ovládat připojené periferie. Zároveň je schopno informovat uživatele o případných problémech, které mohou na periferiích nastat.

Regulace osvětlení je zajištěna dvěma světelnými zdroji. Zdroje jsou plně ovladatelné a zařízení je schopné kontrolovat jejich stav. Zároveň jsou v kapitole 4.5 uvedeny parametry, které musí připojené zdroje splňovat, aby nenastalo zničení zařízení. Deska obsluhy periferií umožňuje detekování průchodu síťového napětí nulou. Optotriaky IS623 jsou umístěny v patičkách pro možné nahrazení typem MOC3020. Typ MOC3020 neobsahuje integrovaný obvod spínání v nule a proto je při jeho použití možné regulovat jas osvětlení. Regulování intenzity osvětlení není v tomto zařízení zahrnuto, neboť se nepodařilo odladit část programu, která se ho týká.

Požadavek na regulaci vytápění je taktéž splněn. Vytápění je zajištěno plynovým kotlem. Uživatel je schopen ovlivnit hodnotu teploty, na kterou bude zařízení udržovat. Stejně jako dobu, po kterou bude teplota udržována.

Funkce zabezpečování je zajištěna detekováním přerušení smyčky. Výpočet maximální délky smyčky a popis funkce je možné dohledat v kapitole 4.3. Zajištěno je také pokračování detekce v případě výpadku proudu.

Zařízení mělo být schopné obstarávat oboustrannou komunikaci s uživatelem pomocí GSM Modulu. Tohoto cíle se nepodařilo dosáhnout. Částečně to bylo způsobeno ztrátou větší části programu necelý týden před odevzdáním. V době odevzdávání je tedy zařízení plně funkční s výjimkou komunikace. Komunikace je plně funkční mezi zařízením a počítačem po rozhraní UART za použití UART na USB převodníku. Pro zprovoznění komunikace mezi zařízením a GSM modulem by bylo zapotřebí znovuvytvoření ztracené knihovny a upravení současného komunikování UART mezi zařízením a počítačem.

Na přiloženém CD nosiči jsou uložena všechna data, schémata a návrhy desek plošných spojů pro výrobu navrženého zařízení. Nosič také obsahuje všechny soubory programu, včetně Makefile, potřebné pro zkompilování a nahrání programu do mikrokontroléru přes rozhraní SPI.

LITERATURA

- [1] Atmel Corporation. *ATmega128A* [online]. únor 2011 [cit. 2013-26-05]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8151.pdf>
- [2] HRBÁČEK, J. *Komunikace mikrokontroléru s okolím*. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 156 s. ISBN 80-860-5642-2
- [3] SIMCOM. *SIM900D_HD_V1.01*, 31.3.2010, [cit. 2013-25-05]. Dostupný z http://www.kamami.pl/dl/sim900d_hd.pdf
- [4] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. 1. vyd. Brno: VUT, 2001. 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
- [5] Hayes command set. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 8 December 2012 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Hayes_command_set
- [6] Datasheet catalog. *PCF8563P* [online]. 16. dubna 1999 [cit. 2013-26-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/PCF8563P.pdf>
- [7] Datasheet catalog. *DS18B20* [online]. 1. května 2002 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/DS18B20.pdf>
- [8] Rs-components. *NOKIA BL 5C* [online]. 20. února 2010 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0cf3/0900766b80cf37fc.pdf>
- [9] Elektromagnetické relé. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_rel%C3%A9
- [10] Optoelektronické prvky. *Optron* [online]. 2010 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~houlec/www/htm/optron.htm>
- [11] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 154 s. ISBN 80-730-0184-5.
- [12] HOLUB, Přemysl a Josef ZÍKA. *Polovodičová technika: Praktická zapojení polovodičových diod a tyristorů*. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1977.
- [13] Český Statistický Úřad. *Osoby v bytech podle způsobu vytápění a používané energie* [online]. 2001 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislatab=OB087+%28NUTS2%29&vo=null>
- [14] Zabezpečení domácnosti. In: *COMPUTERWORLD* [online]. 27.02.2005 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: <http://computerworld.cz/securityworld/zabezpeceni-domacnosti-46463>
- [15] Datasheetcatalog. *MAX882* [online]. 15.ledna 2010, 17.února 2010 [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX882-MAX884.pdf>
- [16] SPI. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- [17] BURKHARD, M. C pro mikrokontroléry. Praha: BEN - technická literatura, 2003
- [18] FRÝZA, T., FEDRA, Z., ŠEBESTA, J. Mikroprocesorová technika. Počítačová cvičení. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2009
- [19] Enhanced Data Rates for GSM Evolution. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-25-05]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution

- [20] Datasheet catalog. *CNY17-3* [online]. 26.října2004 [cit. 2013-25-05].
Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/d/0jedoh4ph3rpg669tyx5u9dy7lky.pdf>
- [21] alldatasheet.com. *KB814* [online]. 19.května2003 [cit. 2013-25-05].
Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/167059/KINGBRIGHT/KB814.html>
- [22] alldatasheet.com. *IS623* [online]. 19.prosince2001 [cit. 2013-25-05].
Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/92839/ETC/IS623.html>
- [23] alldatasheet.com. *TIC216M* [online]. března1997 [cit. 2013-25-05].
Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/20138/POINN/TIC216M.html>
- [24] AT Commands Set: *SIM900_ATC_v1.00*. [online]. Shanghai, 15.ledna2010 [cit. 2013-05-31].
Dostupné z: http://robokits.co.in/datasheets/SIM900_ATC_V1_00.pdf

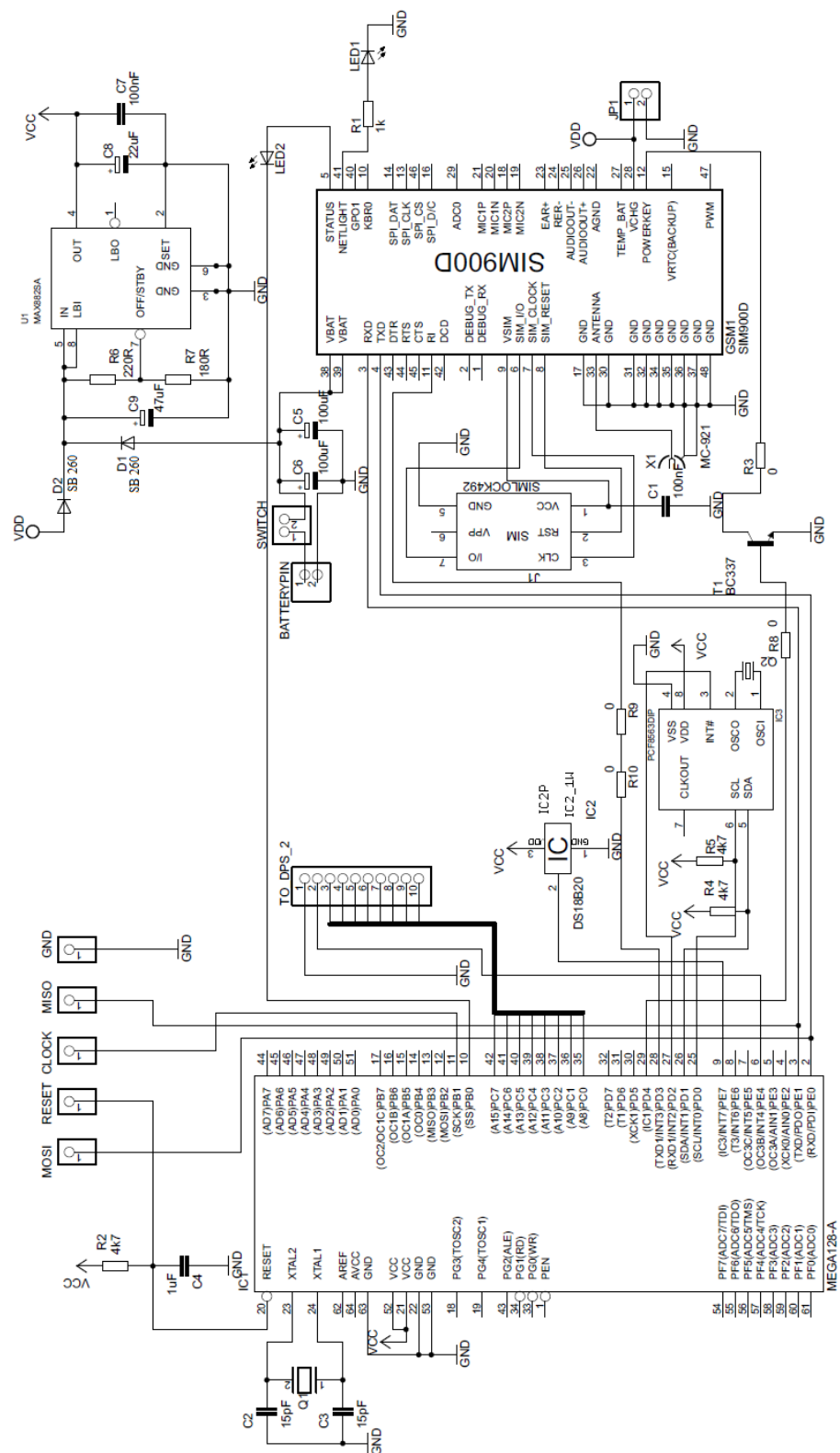
6 SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>USART</i>	-univerzální synchronní/asynchronní přijímač/vysílač (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter)
<i>SMS</i>	-služba krátkých textových zpráv (Short Message Service)
<i>GSM</i>	-globální systém pro mobilní komunikaci (Global system for Mobile Communications)
<i>CTP</i>	- přenosový poměr
<i>I²C</i>	-sériová komunikační sběrnice (Inter-Integrated Circuit)
<i>SIM</i>	- modul nebo karta sloužící k identifikaci účastníka v mobilní síti (Subscriber identity module)
<i>RTC</i>	-obvod reálného času (Real Time Clock)
<i>SPI</i>	sériové periferní rozhraní. (Serial Peripheral Interface)
<i>DPS</i>	Deska plošného spoje
<i>LDO</i>	Nízko-úbytkový stabilizátor (Low-DropOut)

7 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Schémata zapojení
- Příloha 2: Výrobní maska a osazovací plán hlavní DPS
- Příloha 3: Výrobní maska a osazovací plán DPS obsluhující periferie
- Příloha 4: Fotografie osazených DPS

Příloha 1: Schémata zapojení

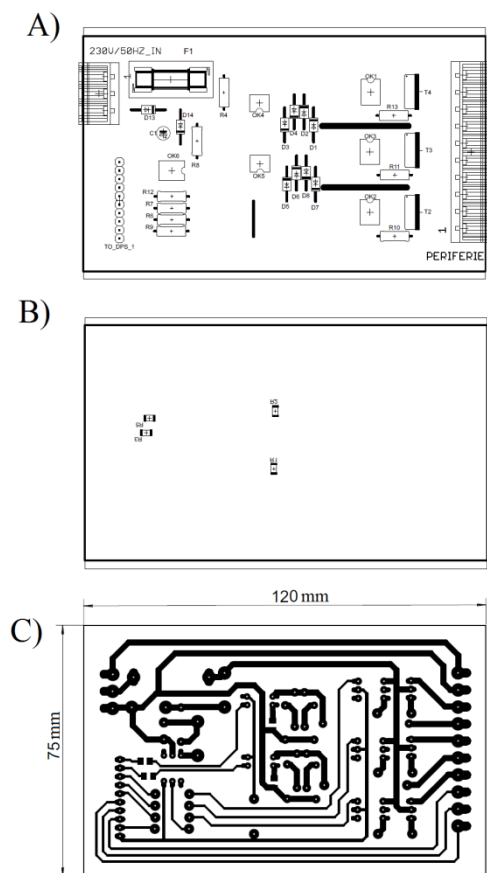


Obr. 7.1 Schéma zapojení hlavní, řídicí desky

Obr. 7.3 A) Osazení horní strany DPS
B) Osazení spodní strany DPS
C) Výrobní maska

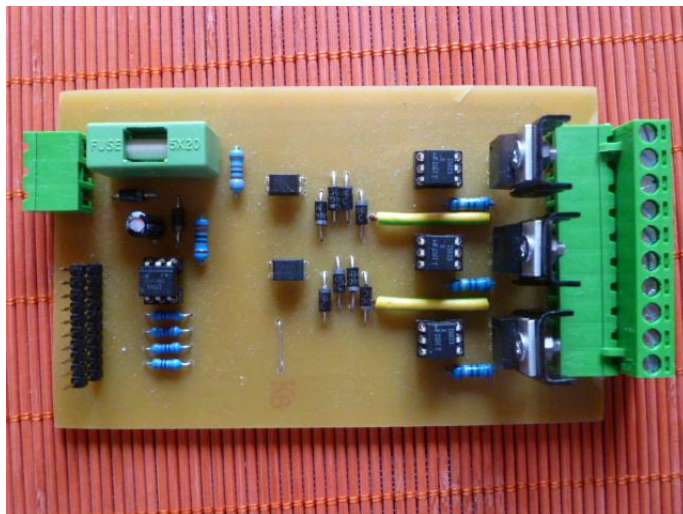


Příloha 3: Výrobní maska a osazovací plán DPS obsluhující periferie

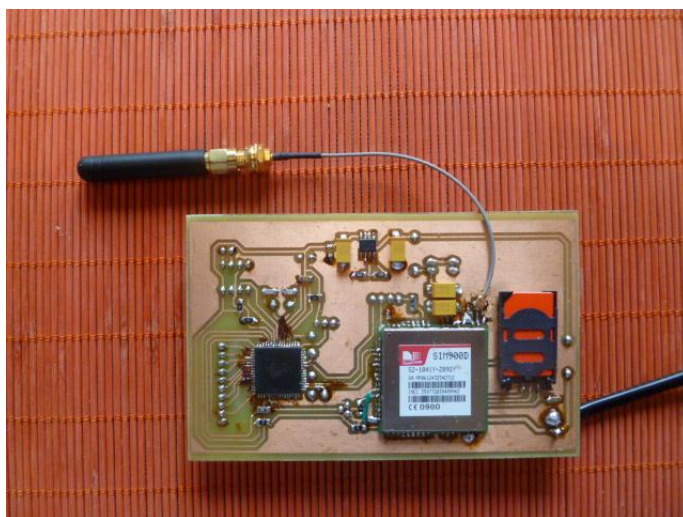


Obr. 7.4 A) Osazení horní strany DPS
B) Osazení spodní strany DPS
C) Výrobní maska

Příloha 4: Fotografie osazených DPS



Obr. 7.5 Pohled na desku ovládající periferie



Obr. 7.6 Pohled na hlavní, řídicí desku